

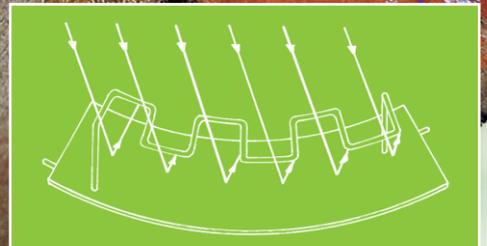


BAND 1

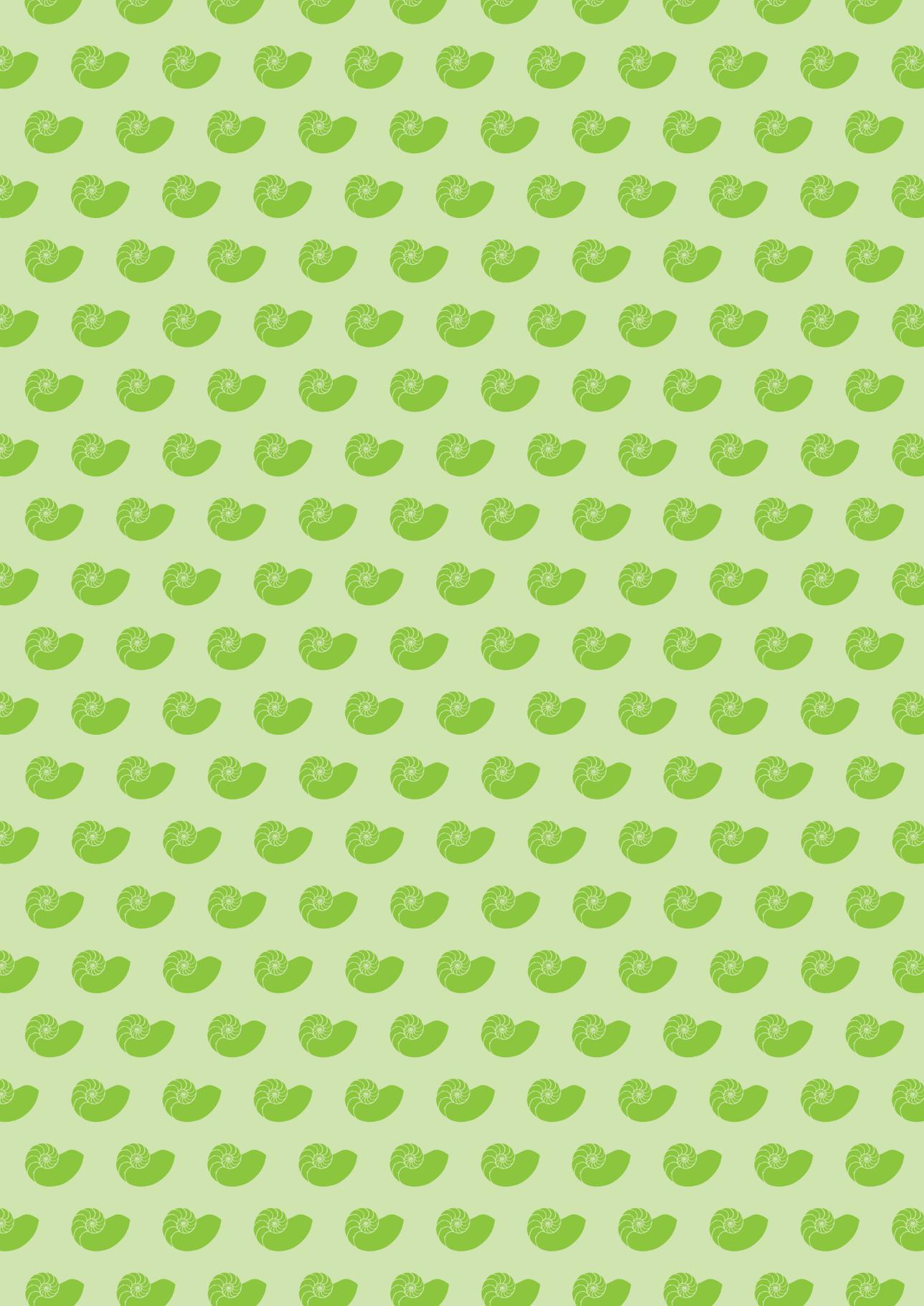
Bernd Hill

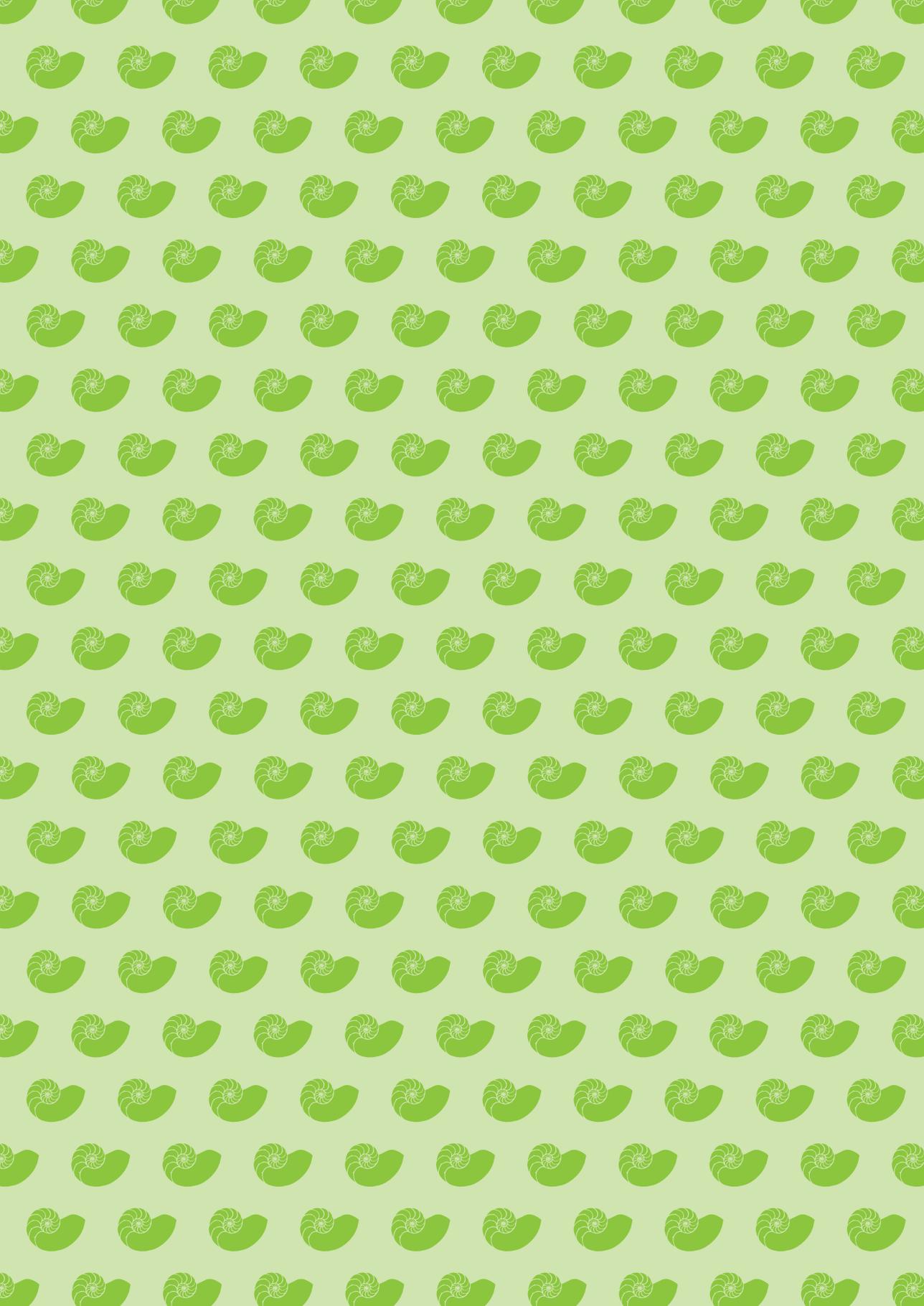
# BIONIK

Die Natur als Ideenschmiede



Knabe Verlag Weimar





**Bernd Hill**

# **BIONIK**

**Die Natur als Ideenschmiede**

**Knabe Verlag Weimar**



**BERND HILL** wurde 1947 geboren. Er studierte an der PH/Universität Erfurt im Schwerpunkt Polytechnik. 1987 promovierte er über Erfindungsmethodik, 1995 erfolgte seine Habilitation über Biostrategien und biologische Organisationsprinzipien an der Martin-Luther-Universität Halle.

Von 1998 bis 2012 lehrte Prof. Hill an der Universität Münster im Fachbereich Physik, Institut für Technik und ihre Didaktik. In verschiedenen Unternehmen führt er Innovationskurse durch und bezieht die angewandte Bionik in systematische Produktentwicklungsprozesse ein. Seine Forschungstätigkeit bezieht sich auf Innovationsstrategien, technische Kreativität sowie systematische und angewandte Bionik.

### BILDNACHWEIS

*Illustrationen* Prof. em. Dr. phil. habil. Prof. h. c. Bernd Hill

*Fotos* Seite 12: Krzysztof Szkurlatowski@www.sxc.hu;

Seite 30: dantesz@www.sxc.hu; Seite 37: master-d@www.sxc.hu; Seite 48: livingos@www.sxc.hu;

Seite 55: Tash Whiteley@www.sxc.hu; Seite 77: G Schouten de Jel@www.sxc.hu

*Alle hier nicht mit anderer Quelle benannten Fotos stammen vom Autor.*

Der Text wurde vom Autor nach vorliegendem Wissen erstellt und sorgfältig geprüft. Da inhaltliche Fehler trotzdem nicht ganz auszuschließen sind, erfolgen die Textangaben ohne jegliche Verpflichtung des Verlags und Autors. Autor und Verlag übernehmen daher keinerlei Haftung für mögliche inhaltliche Unrichtigkeiten.

2. überarbeitete Auflage Dezember 2018

© 2013 Knabe Verlag Weimar  
Herderplatz 11 99423 Weimar

Alle Rechte sind dem Verlag vorbehalten.

*Grafische Bearbeitung* Nicole Laka  
*Satz und Layout* Nicole Laka  
*Lektorat* Andreas Dietmann, Gabi Springsguth  
*Druck und Bindung* Jelgavas Tipografija SIA

Dieses Buch folgt den Regeln der neuen deutschen Rechtschreibung.

Printed in Latvia

ISBN 978-3-944575-30-8  
www.knabe-verlag.de

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	5
<b>1</b> Einleitung.....	7
<b>2</b> Wunder überall – Tolle Tricks von Pflanzen und Tieren .....	9
<b>3</b> Natur und Technik haben ähnliche Lösungen .....	21
<b>4</b> Was biologische Konstruktionen auszeichnet .....	28
<b>5</b> Natur – Vorbild für die Technik.....	31
<b>6</b> Bionik – eine neue Zukunftswissenschaft .....	38
<b>7</b> Erfinden mit der Natur .....	49
Literaturverzeichnis .....	83
Anhang:	
Arbeitsblatt 1: Bionik – Lernen von der Natur für die Technik.....	86
Arbeitsblatt 2: Hebel oder Rad – Erfindungen in Natur und Technik ..	87
Lösungen .....	88
Die Analogiemethode.....	89

Alle Titel der Buchreihe (nach Erscheinen):

1. Die Natur als Ideenschmiede
2. Von Flugfrüchten abgeschaut
3. Leichtbau
4. Riesenseerose und Kristallpalast
5. Schmetterlingen abgeschaut
6. Vom Fliegen
7. Schätze aus dem Tropenwald
8. Schwimmen und Tauchen
9. Wärmedämmung
10. Seil- & Netzkonstruktionen
11. Klimatisierung und Lüftung
12. Schönheit der Natur
13. Tarnen und Täuschen
14. Wettrüsten der Sinne
15. Arznei und Kosmetik
16. Verpacken
17. Roboter und Prothesen
18. Bionik in Wald und Flur
19. Organisation und Management
20. 1x1 des naturorientierten Erfindens



# VORWORT

## Lernen von der Natur

**M**it dem ersten Band „Bionik – Die Natur als Ideenschmiede“ eröffnen wir die neue Buchreihe unter dem Motto „Frag’ die Natur“. Diese Reihe wendet sich an eine breite Leserschaft. Sie ist sowohl auf aktiven Wissenserwerb als auch auf das eigenständige Forschen, Entdecken, Experimentieren und Erfinden ausgerichtet. Comics und Infoboxen lockern dabei die Wissensaneignung auf. Der Leser erfährt durch eigenes Handeln an interessanten Sachverhalten die Funktionalität, Vielfalt, Effizienz und Schönheit der Natur und ihre Nutzung. Die Texte enden nicht mit der Aufnahme erklärenden Wissens, sondern machen neugierig und fordern zum Hinterfragen, Beobachten, Forschen, Modellieren, Experimentieren und Konstruieren auf. Anschaulich werden Methoden des Problemerkennens und -lösens dargestellt, damit eigenes Entdecken und Erfinden möglich wird und so Freiräume für Kreativität geschaffen werden.

Damit erschließt sich in persönlicher Weise die faszinierende Welt der Naturphänomene und ihre Nutzung.

Die Bände enthalten:

- Sachinformationen über interessante und erstaunliche biologische und technische Phänomene,



- Abenteuer des Entdeckens und Erfindens in Form von Bildergeschichten,
- Denk- und Arbeitsweisen von Entdecker- und Erfinderpersönlichkeiten,
- nützliche Methoden zur individuellen Erschließung von Natur und Technik,
- spannende Experimente zur Erkenntnisgewinnung und Selbstbau-Anleitungen zur praktischen Erprobung.

Im fortlaufenden Text dienen folgende Symbole zur Orientierung:



Infobox zur Begriffserläuterung



Modelle



Methoden zur Erkenntnis-  
gewinnung und -umsetzung



Experimente

*Viel Spaß beim Lesen,  
Forschen und Experimentieren.*



# 1

## EINLEITUNG

**F**liegen wie die Vögel, schwimmen wie die Delfine, springen wie die Kängurus, tauchen wie der Nautilus, bauen wie Spinnen, Bienen und Termiten, schweben wie der Löwenzahnsamen – die Faszination der Leistungen und Konstruktionen von Pflanzen und Tieren für den Menschen ist so alt wie die Menschheit selbst.

Immer schon waren es Vorbilder der belebten Natur, die Erfinder, Ingenieure und Designer zum Entdecken und Erfinden angeregt haben.

Aus dem unermesslich reichen Patent-Arsenal Natur, der prall gefüllten „Schatzkiste des Lebendigen“, sind eine Menge Anregungen für intelligente material- und energiesparende Lösungen zu finden.

Oft ist es für uns verblüffend festzustellen, dass Natur und Technik unabhängig voneinander zu ähnlichen Lösungen gelangt sind: Kombizangen sehen aus wie Kiefer von Ameisenlöwen und die Saugnäpfe an Badezimmermatten gleichen jenen an den Fangarmen von Tintenfischen. Da liegt es nahe, die Natur viel stärker als bisher zur Lösungsquelle für die Technik zu nutzen.

Zunächst aber müssen wir erst einmal verstehen, welche physikalischen Gesetze und Prinzipien hinter einer erfolgreichen biologischen Konstruktion stecken. Wer fliegen möchte wie ein Vogel oder bauen wie die Bienen oder Termiten, sollte zuerst einmal herausfinden, warum der Vogel überhaupt fliegen



kann und wodurch im Termitenbau immer eine gleichbleibende Temperatur und Luftfeuchtigkeit, unabhängig von äußeren Einwirkungen, herrscht.

Ein Geheimnis nach dem anderen hat der Mensch bei Pflanzen und Tieren entschlüsselt. Er hat aufmerksam beobachtet, experimentiert und Erfahrungen gesammelt. Er hat nachgedacht und nach den Vorbildern der Natur nützliche Dinge gebaut. Inzwischen ist das Lernen von der Natur zu einer wichtigen Strategie bei der wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Ausrichtung der Technik geworden. Von der Natur lernen wir, wie wir unsere Technik menschengerecht und naturverträglich gestalten können.

In einer Zeit abnehmender Vorräte, zunehmender Zerstörung der Umwelt und großer Klimaveränderungen dienen uns Pflanzen und Tiere als Vorbilder und als willkommene Ideenquelle.

Doch längst ist nicht alles erforscht. Wer etwas entdecken will, muss lernen, genau zu beobachten und die richtigen Fragen zu stellen. Baupläne und Konstruktionen der lebenden Natur sind eine nie versiegende Ideenquelle für die Lösung heutiger und zukünftiger Probleme. Sie zu entdecken, zu entschlüsseln und daraus neue Erfindungen abzuleiten, ist eine herausfordernde und interessante Aufgabe. Der vorliegende Band zeigt, wie man von der Natur lernen kann, und gibt Auskunft, welche Methoden zur Entschlüsselung der Naturgeheimnisse dabei hilfreich sein können.



# 2

## WUNDER ÜBERALL

### Tolle Tricks von Pflanzen und Tieren

#### M GEHEIMNISSE DER NATUR ENTSCHLÜSSELN

Millionen Jahre von Entwicklungsprozessen bringen in der Natur Pflanzen und Tiere von überströmender Fülle, Vielfalt, Leistungsfähigkeit und auch Schönheit hervor.

Bei einem Spaziergang durch den Wald entdecken wir unter Steinen Bombardierkäfer. Wenn der Bombardierkäfer sich bedroht fühlt, stößt er, wie bei einem Raketentriebwerk, explosionsartig eine fein zerstäubte beißende Flüssigkeit aus. Seine Feinde, in der Hauptsache Ameisen, vertreibt er damit erfolgreich. Auf der Hand jedoch nimmt man nur ein leichtes Brennen wahr. Es ist erstaunlich, dass dieser Flüssigkeitsstrahl eine Temperatur von ca. 100 Grad Celcius besitzt. Eine wirkungsvolle, auf den Gegner abgestimmte, chemische Verteidigungsmöglichkeit und dabei schon Jahrmillionen alt.

Rätselhaft ist auch, was die sonderbaren Goldschuppen-Höcker auf dem Rücken der Goldeule, einem Nachtfalter, bedeuten. Dienen sie dem Schmuck, erlauben sie einen wendigeren Flug oder dienen sie etwa der Fledermausabwehr durch Störung der Ultraschall-Ortung?

Die Natur ist voller Wunder. An vielem gehen wir oft achtlos vorüber, weil wir wegen der Alltäglichkeit das Staunen verlernt haben. Für uns sind Wunder oftmals unerklärliche Erscheinungen, aber auch Leistungen von Lebewesen, die unsere Erwartungen übertreffen.



Viel Erstaunliches ist bei zahlreichen Merkmalen an Pflanzen und Tieren bis heute unerforscht.

Schauen wir in eine Hecke am Wiesen- oder Wegesrand. Das ist eine wahre Fundgrube für Beobachtungen, Untersuchungen und für interessante Begegnungen mit den dort vorkommenden Lebewesen. Ob Pflanzen-, Vogel-, Käfer-, Schnecken- oder Spinnenfreund – jeder kann hier auf seine Kosten kommen.

Auch der Artenreichtum in Teich oder Tümpel ist beeindruckend. Gewässer sind oft von Gebüsch und Schilf umgeben, wo sich viele Vogel- und Insektenarten aufhalten. Oder das Wasser mit seinem Fischreichtum, den Fröschen, Kröten, Schnecken, Molchen, Wasserläufern, Ringelnattern und nicht zuletzt den vielen Kleinstlebewesen. Zu den Insekten gehören auch die Libellen, von denen man ebenfalls viel Interessantes abschauen kann.

Sie bewegen sich ähnlich wie Hubschrauber, ohne jedoch ihre Flügel in Drehbewegung zu versetzen. Ihre Flügel schlagen etwa 30- bis 40-mal in der Sekunde auf- und abwärts. Sie dienen nicht nur zum Fliegen, sondern spielen auch eine wichtige Rolle bei der Partnerwerbung. Auf schwankenden Halmen werden sie als Balancierflächen eingesetzt, wirken weiterhin zur Körperaufwärmung und dienen als sperrige Abwehrwaffen, die von Fröschen verschmäht werden. Die Flügel sind ultraleicht und dennoch außerordentlich stabil.

Das wird durch die Membranzellenbauweise und die Faltung erreicht. Die vier Flügel der Libelle wiegen insgesamt fünf Tausendstel Gramm.

Sie werden durch Adern stabilisiert, deren Durchmesser nur etwa einen Zehntelmillimeter und deren Wandstärke nur etwa einen Hundertstelmillimeter

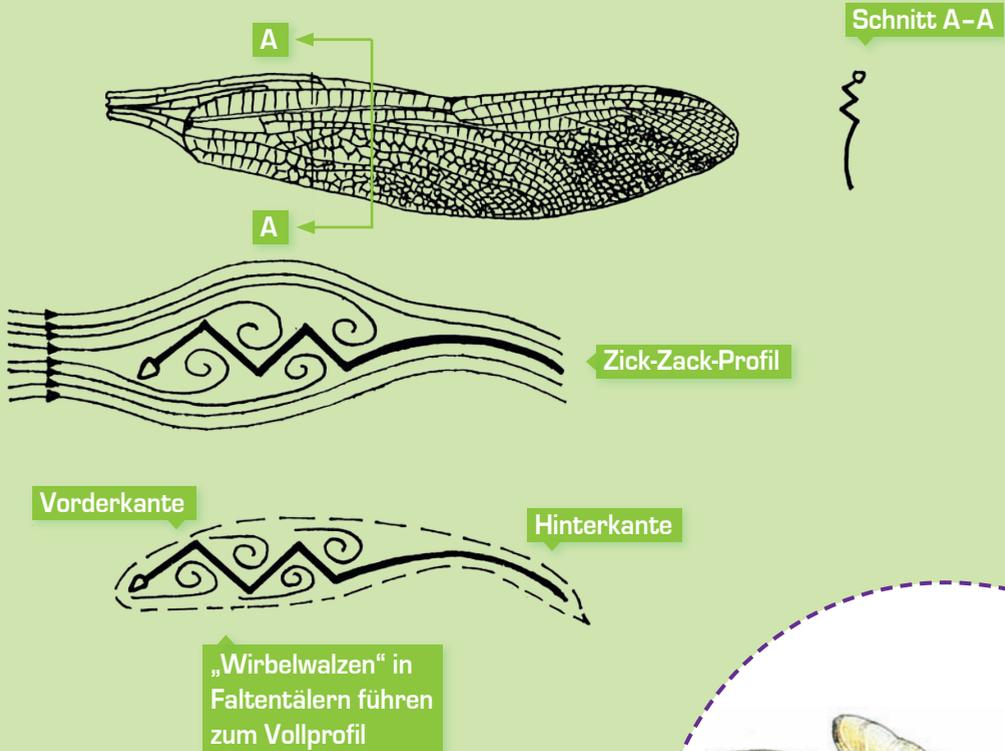


## Stabilität

Widerstand eines Bauteils gegenüber äußeren Einwirkungen (Belastung durch Zug, Druck und Biegung). Die Stabilität kann durch Profile erhöht werden. Es gibt L-, Doppel-T-, O-, U- und T-Profile.



## Flügelquerschnitt und -profil eines Libellenflügels



beträgt. Die Adern sind weit verzweigt und bilden große Längsadern für die Sicherung der Längssteifigkeit und kleine Queradern für die der Quersteifigkeit. Als Muster erkennt man unregelmäßige Vielecke und regelmäßige Vierecke.

Die Flügel sind in Längsrichtung gefaltet, wodurch nicht nur die Stabilität erhöht, sondern auch die Flugeigenschaften verbessert werden. In den Faltentälern bilden sich infolge der Luftströmung sogenannte Wirbelwalzen, die den ebenen, flachen Flügel sozusagen zum „Vollprofil“ auffüllen. Damit wird er einem profilierten Vogelflügel ähnlich, der eine Auftriebskraft entgegen der Schwerkraft erfährt. Wir sehen, wie



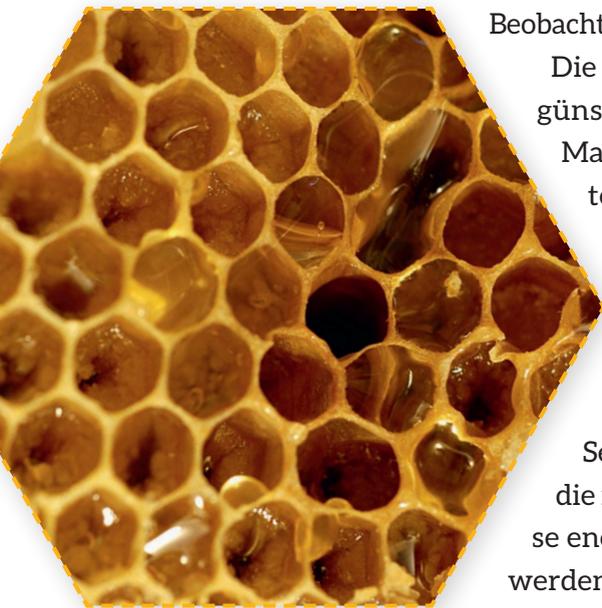
mit geringstem Aufwand an Material und durch entsprechende Gestaltung des Flügels im Zickzack-Profil die Luft regelrecht aufgefangen und so ein vortrefflich günstiges Strömungsprofil erzeugt wird.

An den Flügelenenden befinden sich verdickte Einlagerungen, die stabilisierende Wirkung haben.

Dort, wo die Flügel mit dem Körper verbunden sind, treten infolge der Flügelschlagbewegungen große Kräfte bzw. Belastungen auf. Aus diesem Grund ist die „Einspannstelle“ wie ein versteifter Winkelträger gestaltet. Das erhöht die Stabilität. Übrigens hat der Hubschrauber-Konstrukteur Igor Sikorski (1889–1972)

seine Idee zur Entwicklung des Hubschraubers aus den Beobachtungen des Libellenfluges gewonnen.

Die Bienenwabe ist ebenfalls ein Beispiel für günstige Materialausnutzung bei minimalem Materialaufwand. So kann eine extrem leichte Wabe der Größe 400 x 200 Millimeter etwa zwei Kilogramm Honig speichern, ohne unter dieser Last zusammenzubrechen. Mit nur 40 Gramm Wachs sind die Wände der Wabenkammern nicht einmal einen Zehntelmillimeter dick. Die Seitenwände der Zellen bilden Sechsecke, die mit ihren Böden so verzahnt sind, dass diese enorme Tragfähigkeit und Stabilität erreicht werden kann.

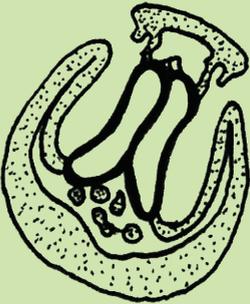
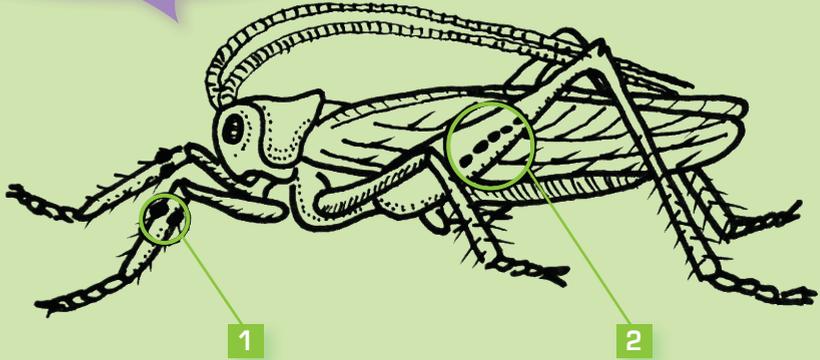


Das Sechseck hat gegenüber dem Dreieck und dem Viereck, bei gleicher Fläche, den kleinsten Umfang und benötigt am wenigsten Baumaterial. Daraus folgt: Durch das sechseckige Prisma wird das größtmögliche Volumen bei geringstem Wachsverbrauch erzeugt.

Auch die Empfindlichkeit mancher Tiere versetzt uns in Staunen. Die Nase eines Aals ist so empfindlich, dass sie die geringste Menge eines Duftstoffes, etwa von der Größe eines Streichholzkopfes, auch noch registrieren würde, wenn diese im Wasser des Bodensees aufgelöst würde. Ein weiteres Beispiel: Der in der Nordsee beheimatete Katzenhai nimmt noch elektrische Felder

# Sende- und Empfangsorgan der Heuschrecke (männlich)

Mein „Beinohr“  
nimmt durch die beiden Trommelfelle die  
Schallwellen auf. So kann ich auch die Richtung der  
Schallquelle bestimmen!

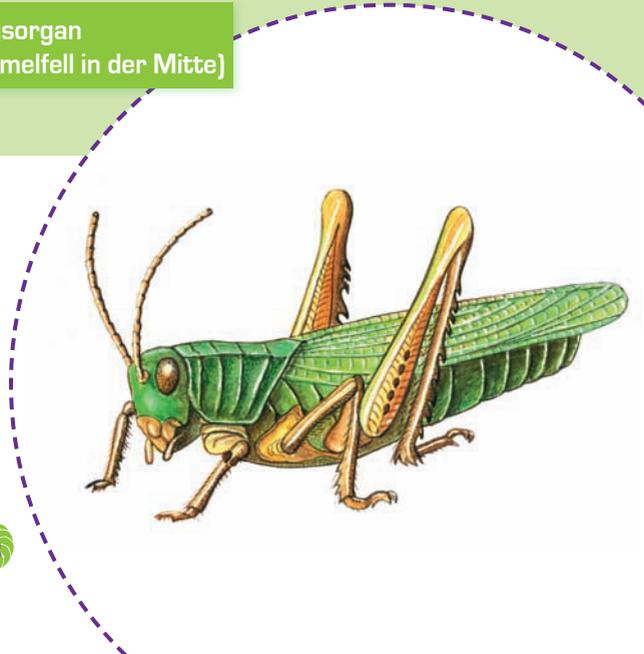


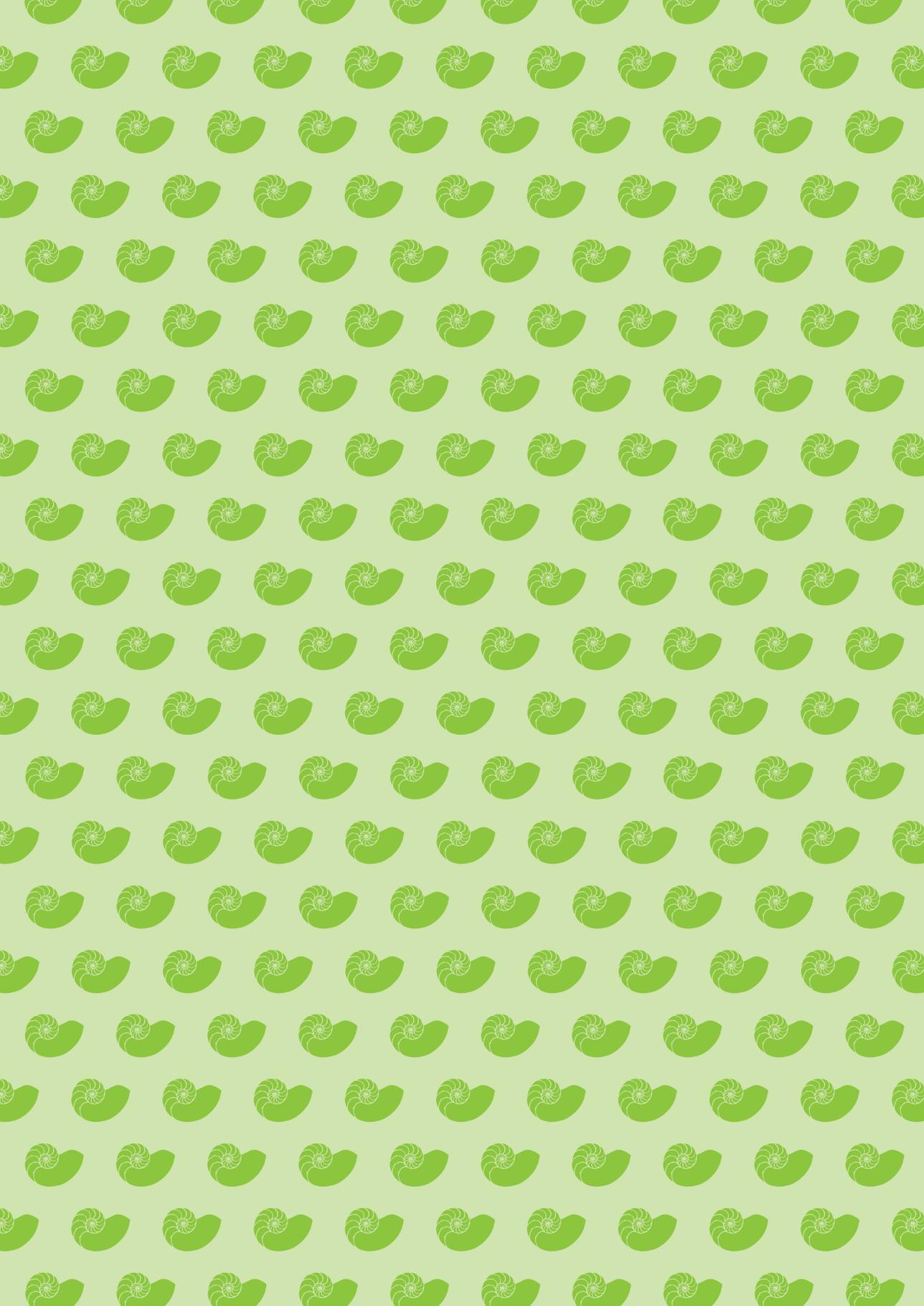
**1** Querschnitt Empfangsorgan  
(linkes und rechtes Trommelfell in der Mitte)

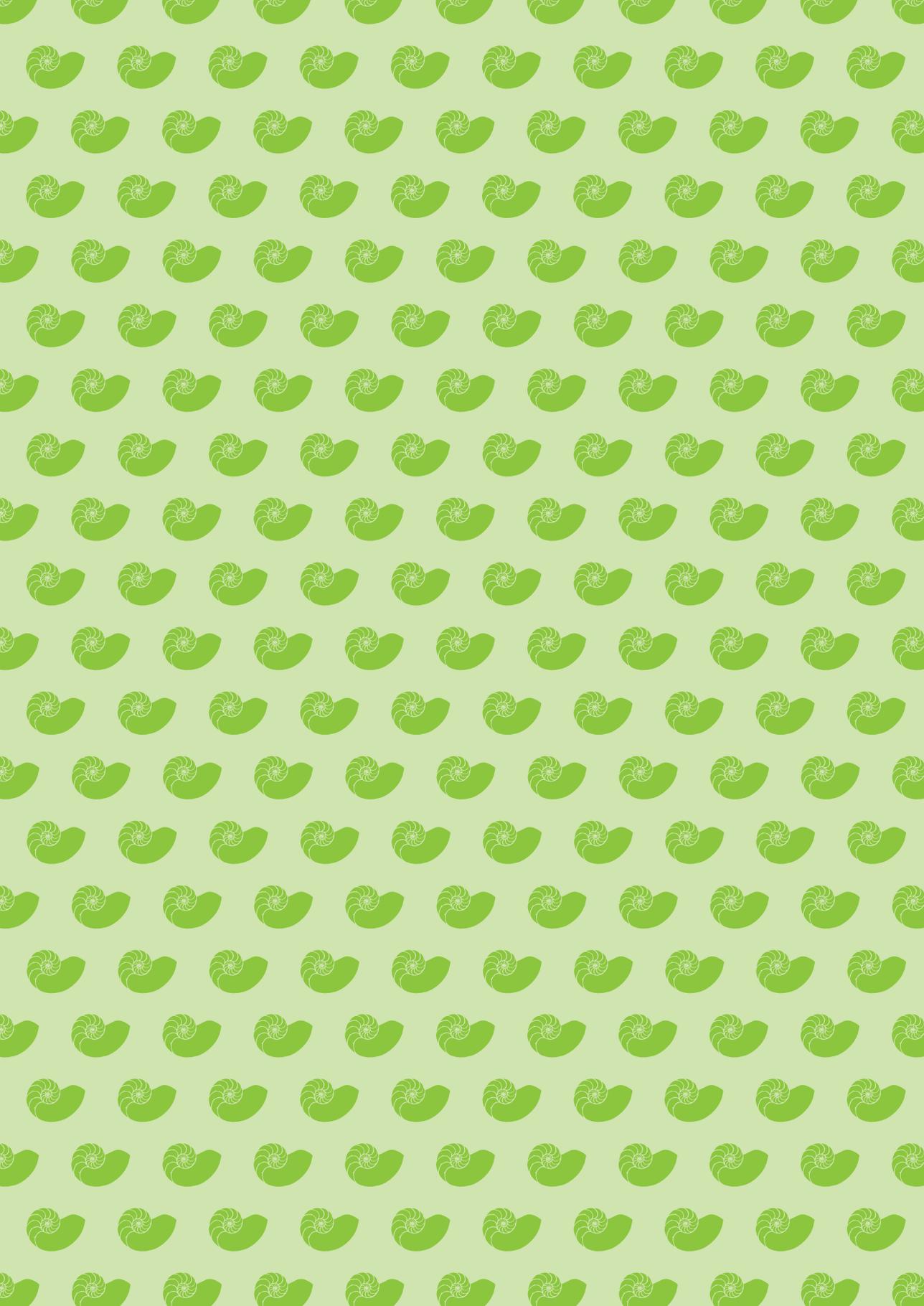


**2** Sendeorgan (Schrillader)

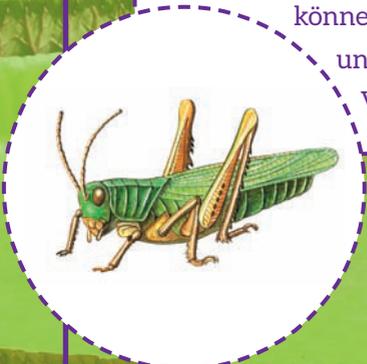
wahr, die so gering sind, als ob sie von einer Taschenlampenbatterie erzeugt würden, deren Plus- und Minuspol 15.000 Kilometer voneinander entfernt liegen.



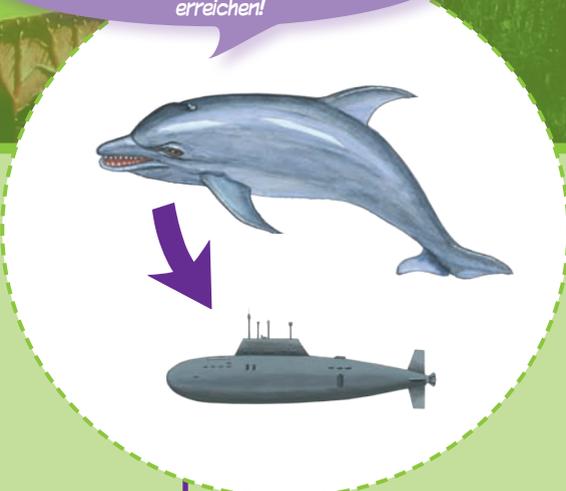




Dieser erste Band der Reihe gibt einen Überblick über die spannende und zukunftsorientierte Wissenschaft Bionik und ihre Anwendung. Er zeigt, wie die lebende Natur als Lösungsquelle für technische Probleme zielgerichtet und systematisch genutzt wird. Der Leser kann sich die Inhalte durch eigenes Forschen, Entdecken und Experimentieren handlungsorientiert erschließen. Dabei stehen Methoden des Forschens und Erfindens zur Verfügung, die, selbst ausprobiert, die Kreativität steigern können. So ist es möglich, sich in kreativer Weise Natur und Technik in ihrer gegenseitigen Durchdringung und Vernetzung zu erschließen.



*Mit meiner widerstandsmindernden Haut kann ich Geschwindigkeiten bis zu 22 m x sec<sup>-1</sup> erreichen!*



Sachinformationen über interessante und erstaunliche biologische und technische Phänomene

Abenteuer des Entdeckens und Erfindens in Form von Bilder-  
geschichten

Denk- und Arbeitsweisen von Entdecker- und Erfinder-  
persönlichkeiten

Nützliche Methoden zur individuellen Erschließung von Natur und Technik

Spannende Experimente zur Erkenntnisgewinnung und Selbst-  
bau-Anleitungen zur praktischen Erprobung

Preis: 16,95 €



**Knabe Verlag Weimar**